

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-021269

(43)Date of publication of application : 23.01.1998

(51)Int.Cl.

G06F 17/50

(21)Application number : 08-169836

(71)Applicant : HITACHI PLANT ENG &amp; CONSTR CO LTD

(22)Date of filing : 28.06.1996

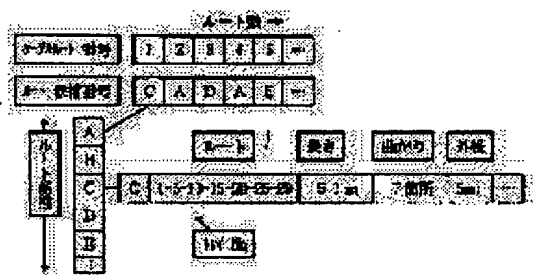
(72)Inventor : ASAKUMA YASUSHI  
MIYAMOTO MASAOKI

## (54) METHOD AND DEVICE FOR SUPPORTING DESIGN OF WIRING ROUTE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To efficiently lead out the optimum combination of cable routes in a short time by noticing the total length of an extended line, the number of bending times and a storing situation value so as to evaluate a character string and recursively optimizing the character string.

**SOLUTION:** A two-dimensional cable is prepared to arrange cable numbers 1, 2, 3,... to lay laterally in an order from a left side. Then a route candidate is applied to a position corresponding to each cable number 1, 2, 3,... by selecting at random. In addition, the number of a link through which a the cable route passes, the length of the link and the number of the bending times can be referred to concerning the selected route. By repeating similar operation with respect to the other cables 2 to 5, a character string consisting of five alphabets C-A-D-A-E is prepared. Character strings showing the combinations of cable routes like this are plurally prepared by varying the coordination of each route number and a route candidate number and an optimum character string is found out to obtain optimum cable arrangement.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-21269

(43) 公開日 平成10年(1998) 1月23日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 6 F 17/50

G 0 6 F 15/60

6 5 0 C

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平8-169836

(22) 出願日 平成8年(1996) 6月28日

(71) 出願人 000005452

日立プラント建設株式会社

東京都千代田区内神田1丁目1番14号

(72) 発明者 朝隈 康司

東京都千代田区内神田1丁目1番14号 日立プラント建設株式会社内

(72) 発明者 宮本 昌明

東京都千代田区内神田1丁目1番14号 日立プラント建設株式会社内

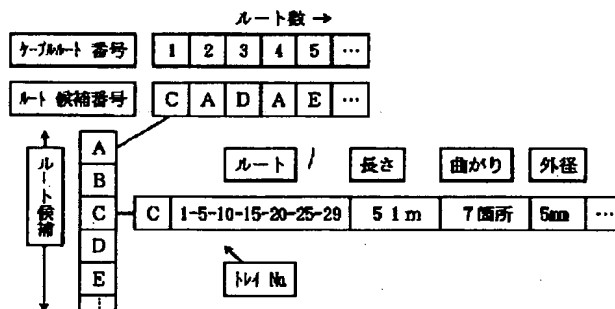
(74) 代理人 弁理士 松浦 憲三

(54) 【発明の名称】 配線経路設計支援方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 既設のケーブルトレイの許容占積を考慮し、最適かつ理論的なケーブル配置を自動的に設計することができる配線経路設計支援方法及び装置を提供する。

【解決手段】 予め設計された(又は既設の)ケーブル敷設網の構成を示すケーブルトレイネットワークデータと、配置すべきケーブルの始点と終点及び各ケーブルの太さを示すケーブルデータに基づいてルート候補を抽出して、該ルート候補の組み合わせを文字列で表現し、その文字列を総延線長、曲がり回数、収納状況値に着目して評価し、遺伝的アルゴリズムの手法を用いて前記文字列を帰納的に最適化する。これにより、最適なケーブルルートの組み合わせを短時間で効率的に導き出すことができる。



## 1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ケーブルを収納するケーブル収納部材が複数連結されてなるケーブル敷設網を構成するケーブル収納部材にそれぞれ固有の収納部材識別符号を付与し、前記収納部材識別符号に該ケーブル収納部材の長さを示すデータ及び該ケーブル収納部材に収納可能なケーブルの容量を示すデータを関連付けてネットワークデータを構築し、

前記ネットワークデータをネットワークデータ格納手段に格納し、

前記ケーブル敷設網に配置される複数のケーブルにそれぞれ固有のケーブル識別符号を連続符号として付与し、各ケーブルが配置される始点と終点を示すデータ及び各ケーブルの太さを示すデータを前記ケーブル識別符号に関連付けてケーブルデータを構築し、

前記ケーブルデータをケーブルデータ格納手段に格納し、

前記ネットワークデータ及びケーブルデータに基づいて、各ケーブルの通りうるルート候補を抽出すると共に、該抽出した各ルート候補にそれぞれ固有のルート候補識別符号を付与してルート候補データを作成し、

前記複数のケーブルを示すケーブル識別符号に対して、それぞれ前記作成した各ケーブルのルート候補データのうちから抽出した一つのルート候補識別符号を関連付け、この抽出されたルート候補識別符号を前記ケーブル識別符号の連続符号の順に結合させて文字列を作成し、前記文字列が示す全ケーブルに対する総延長長を前記ネットワークデータに基づいて算出し、

前記文字列が示す全ケーブルに対する曲がり回数を前記ネットワークデータに基づいて算出し、

前記文字列が示すルート候補の組み合わせによって各ケーブルが通過するケーブル収納部材について該ケーブル収納部材を通過するケーブルの太さの合計と該ケーブル収納部材の容量とを比較し、全ケーブル収納部材に対するケーブルの収納状況を示す収納状況値を算出し、

前記総延長長、曲がり回数、及び収納状況値に基づいて前記文字列を評価し、

その評価結果に基づいて新たな文字列を作成し、上記の評価を繰り返すことにより評価の高い文字列を帰納的に探索して文字列を最適化し、

最適化された文字列が示すケーブルルートを最適なケーブル配置として提示することを特徴とする配線経路設計支援方法。

【請求項2】 前記文字列を最適化する手法として遺伝的アルゴリズムを用いることを特徴とする請求項1記載の配線経路設計支援方法。

【請求項3】 ケーブルを収納するケーブル収納部材が複数連結されてなるケーブル敷設網を示す情報を入力する第1の入力手段と、

前記第1の入力手段によって入力された情報に基づい

## 2

て、前記ケーブル敷設網を構成するケーブル収納部材にそれぞれ固有の収納部材識別符号が与えられ、前記収納部材識別符号に該ケーブル収納部材の長さを示すデータ及び該ケーブル収納部材に収納可能なケーブルの容量を示すデータが関連付けられたネットワークデータが構築され、該ネットワークデータが格納されるネットワークデータ格納手段と、

前記ケーブル敷設網に配置される複数のケーブルの始点と終点を示す情報及び該ケーブルの太さを示す情報を入力する第2の入力手段と、

前記第2の入力手段によって入力された情報に基づいて、前記複数のケーブルにそれぞれ固有のケーブル識別符号が連続符号として与えられるとともに、各ケーブルが配置される始点と終点を示すデータ及び各ケーブルの太さを示すデータが前記ケーブル識別符号に関連付けられたケーブルデータが構築され、該ケーブルデータが格納されるケーブルデータ格納手段と、

前記ネットワークデータ及びケーブルデータに基づいて、各ケーブルの通りうるルート候補を抽出すると共に、

20 該抽出した各ルート候補にそれぞれ固有のルート候補識別符号を付与してルート候補データを作成するルート候補データ作成手段と、

前記複数のケーブルを示すケーブル識別符号に対して、それぞれ前記ルート候補データ作成手段で作成した各ケーブルのルート候補データのうちから抽出した一つのルート候補識別符号を関連付け、この抽出されたルート候補識別符号を前記ケーブル識別符号の連続符号の順に結合させて文字列を作成する文字列作成手段と、

30 前記文字列作成手段によって作成された文字列が示す全ケーブルに対する総延長長を前記ネットワークデータに基づいて算出する総延長算出手段と、

前記文字列作成手段によって作成された文字列が示す全ケーブルに対する曲がり回数を前記ネットワークデータに基づいて算出する曲がり回数算出手段と、

前記文字列作成手段によって作成された文字列が示すルート候補の組み合わせによって各ケーブルが通過するケーブル収納部材について該ケーブル収納部材を通過するケーブルの太さの合計と該ケーブル収納部材の容量とを比較し、全ケーブル収納部材に対するケーブルの収納状況を示す収納状況値を算出するケーブル収納状況算出手段と、

前記文字列作成手段によって作成された文字列を、前記総延長算出手段で算出した総延長長、前記曲がり回数算出手段で算出した曲がり回数、及び前記ケーブル収納状況算出手段で算出した収納状況値に基づいて評価する評価手段と、

前記評価手段の評価結果に基づいて、前記文字列作成手段によって新たな文字列を作成し、評価の高い文字列を帰納的に探索し、文字列を最適化する文字列最適化手段

50 と、

## 3

前記文字列最適化手段によって最適化された文字列が示すケーブルルートを最適なケーブル配置として出力する出力手段と、を備えたことを特徴とする配線経路設計支援装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は配線経路設計支援方法及び装置に係り、特に化学工業等のプラントの電装系設備設計に際して、予め設定されたケーブル収納部材網に対して、最適な配線ルートを選定することができる配線経路設計支援方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】建設プラントにおける配線の設計は、一般に、機器の位置や基礎状況等を考慮し、プラント全体の配線ルートを設計した後に、ケーブルを収納するケーブルトレイ（ケーブル収納部材）の設計を行う。しかし、設計工程の都合上、先にケーブルトレイ網の設計をすることがある。また、工事日程の都合や定期点検などのために、ケーブルトレイの設備を変更しないまま、配線対象の機器の位置が移動されたりすることがある。このように、予め決められているケーブルトレイに対して、最適な配線ルートを探索する技術としては、ネットワーク理論、エキスパートシステム等が知られており、双方を組み合わせた技術も知られている（特開平2-71373号公報、特公平7-97379号公報等）。

【0003】ネットワーク理論を用いた場合は、既設（設計済み）のケーブルトレイ網の各接続点をネットワークの「ノード」とし、各ケーブルトレイをその接続情報の「リンク」とするネットワークを作成し、ケーブルルートの開始点及び終了点を指定し、開始点からノードで分岐した各リンク長を比較し、終了点までの最短ルートを1本ずつ探索していた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記ネットワーク理論を用いた方法では、ケーブルトレイに積載できるケーブルの最大本数（トレイの許容占積）の評価が行えない為、複数のルートについて実際にケーブルを敷設すると、ケーブルがトレイから溢れてしまうことがあるという問題がある。

【0005】これに対して、ケーブルがトレイの許容占積を超えた場合には、その溢れたケーブルトレイのリンクは無いものとして（リンクを切断して）最短ルートを見つける方法が提案されている。しかし、この方法では、逐次1本毎にケーブルルートの探索を行うことになるため、探索を行う順番によって結果が異なり、真に最適なルートでケーブルを敷設することができず、設計者の経験や勘などのノウハウが必要とされる。

【0006】近年、経験者のノウハウや、機器とケーブルの兼ね合い、依存関係（例えば、コストの高いケーブルや、距離の短いケーブル、通れるケーブルトレイ数が

## 4

決まっているケーブルの優先順位など）を記述したデータベースを構築し、エキスパートシステムによってルート探索の順序を自動的に決定するシステムや、許容占積を超えたケーブルトレイ周辺をミクロ的に監視して、再配置を行うシステムが利用されている。しかしながら、これらエキスパートシステムを用いた場合においても、データベース作成時には、作成者のノウハウが必要であり、真に最適なケーブルルートを抽出することはできないという欠点がある。

【0007】本発明はこのような事情に鑑みてなされたもので、ケーブルトレイの許容占積を考慮し、最適かつ理論的なケーブル配置を自動的に設計することができる配線経路設計支援方法及び装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は前記目的を達成する為に、ケーブルを収納するケーブル収納部材が複数連結されてなるケーブル敷設網を構成するケーブル収納部材にそれぞれ固有の収納部材識別符号を付与し、前記収納部材識別符号に該ケーブル収納部材の長さを示すデータ及び該ケーブル収納部材に収納可能なケーブルの容量を示すデータを関連付けてネットワークデータを構築し、前記ネットワークデータをネットワークデータ格納手段に格納し、前記ケーブル敷設網に配置される複数のケーブルにそれぞれ固有のケーブル識別符号を連続符号として付与し、各ケーブルが配置される始点と終点を示すデータ及び各ケーブルの太さを示すデータを前記ケーブル識別符号に関連付けてケーブルデータを構築し、前記ケーブルデータをケーブルデータ格納手段に格納し、前記ネットワークデータ及びケーブルデータに基づいて、各ケーブルの通りうるルート候補を抽出すると共に、該抽出した各ルート候補にそれぞれ固有のルート候補識別符号を付与してルート候補データを作成し、前記複数のケーブルを示すケーブル識別符号に対して、それぞれ前記作成した各ケーブルのルート候補データのうちから抽出した一つのルート候補識別符号を関連付け、この抽出されたルート候補識別符号を前記ケーブル識別符号の連続符号の順に結合させて文字列を作成し、前記文字列が示す全ケーブルに対する総延線長を前記ネットワークデータに基づいて算出し、前記文字列が示す全ケーブルに対する曲がり回数を前記ネットワークデータに基づいて算出し、前記文字列が示すルート候補の組み合わせによって各ケーブルが通過するケーブル収納部材について該ケーブル収納部材を通過するケーブルの太さの合計と該ケーブル収納部材の容量とを比較し、全ケーブル収納部材に対するケーブルの収納状況を示す収納状況値を算出し、前記総延線長、曲がり回数、及び収納状況値に基づいて前記文字列を評価し、その評価結果に基づいて新たな文字列を作成し、上記の評価を繰り返すことにより評価の高い文字列を帰納的に探索して文字列を最適

## 5

化し、最適化された文字列が示すケーブルルートを最適なケーブル配置として提示することの特徴としている。

【0009】本発明によれば、与えられたケーブル敷設網の構成を示すネットワークデータと、配置すべきケーブルの始点と終点及び各ケーブルの太さを示すケーブルデータに基づいてルート候補を抽出して、該ルート候補の組み合わせを文字列で表現し、その文字列を総延長、曲がり回数、収納状況値に着目して評価し、帰納的に文字列を最適化するようにしている。これにより、最適なケーブルルートの組み合わせを短時間で効率的に導き出すことができる。

## 【0010】

【発明の実施の形態】以下添付図面に従って本発明に係る配線経路設計支援方法及び装置の好ましい実施の形態について詳説する。図1は、本発明に係る配線経路設計支援方法が適用された配線経路設計支援装置の一実施の形態の構成を示すブロック図である。同図に示すように、配線経路設計支援装置10は、主として、ケーブル配置設計の対象となるケーブルトレイネットワークに関する情報を記憶するネットワークデータ記憶装置12と、配置すべきケーブルの仕様やケーブルの開始点及び終了点に関する情報を記憶するケーブルデータ記憶装置14と、予め定められた処理手順に従って必要な演算をおこなう演算処理装置（CPU）16と、前記演算処理装置16によって得られた演算結果等のデータを記憶する記憶装置18と、入力装置20と、表示装置22等から構成される。

【0011】入力装置20は、例えば、キーボードやマウスが用いられ、オペレータが演算処理装置に必要な指令を入力したり、前記データ記憶装置12、14、18に記憶されたデータを変更できるようになっている。前記入力装置20から入力されたデータや、前記演算処理装置16で処理された結果等は、表示装置22のディスプレイ上に表示されるとともに、プリンタ24等で印刷して確認することができるようになっている。また、CPU16には、フロッピディスクドライブ等の外部記録装置26が接続されており、処理結果等を記録媒体に保存することができるようになっている。

【0012】次に、配線設計支援装置の処理手順について、図2に示すようなネットワーク図面として与えられているケーブルトレイ網にケーブルを配置する場合を例に説明する。図2には、予め設計されている（又は既設の）ケーブルトレイ32、32…の配置が示されている。同図に示すケーブルトレイ網の各トレイの接続点34、34…にネットワークのノードとして一連のノード番号（ノード1,2,3, …, 21）が付与され、また、ケーブルトレイ32自体にネットワークのリンクとして一連のトレイ番号（トレイ1,2,3, …, 29）が付与される。なお、図中ノードは彫付の番号で示され、リンク番号はリンク上に四角で囲って示されている。

## 6

【0013】各ケーブルトレイ32、32、…は機器間の空間的制約等により、図3に示されるようにトレイの長さ、及びトレイに収納できるケーブルの容量を示す許容占積が定められている。例えば、トレイ番号1のケーブルトレイは、トレイ長が10で、許容占積は5という具合に、全ケーブルトレイ（1～29）について予め知られている。図3に示したトレイデータ及び図2に示したネットワーク図面のノードとリンクに関するデータは、図1に示したネットワークデータ記憶装置12に格納される。

【0014】続いて、図2に示したトレイネットワークに敷設すべきケーブルの種類と、それぞれのケーブルルートの開始点及び終了点に関する情報が与えられる。即ち、本実施の形態では、図4に示すようにケーブル番号1～9までの計9本のルートの開始点及び終了点を与えられ、各ルートに使用されるケーブルの太さ（ケーブル径）がデータとして与えられる。ケーブル1は、ノード番号1を開始点とし、ノード番号21を終了点とするケーブルルートに敷設されるケーブルを意味し、該ケーブル径は5であることが示されている。また、ケーブル2は、ノード番号6を開始点とし、ノード番号5を終了点とするケーブルルートに敷設されるケーブルを意味し、該ケーブル径は10である。

【0015】以下同様に、同図に示したようにケーブル番号9までの計9本のケーブルルートの開始点と終了点及使用されるケーブルの太さとともに、データとして与えられている。これらケーブルルート及びケーブル径に関するデータは、図1に示したケーブルデータ記憶装置14に格納される。前記ネットワークデータ記憶装置12に格納されたネットワークデータ及び、ケーブルデータ記憶装置14に格納されたケーブルルートの開始点および終了点のデータに基づいて、公知の最短路探索手法（Dijecstra 法）を利用して各ケーブル毎個別にルート候補を求める。

【0016】具体例として、ケーブル1を例に説明する。Dijecstra 法では、開始点のノード番号1から終了点のノード番号21に至る全てのルートについて、経路上にあるリンクの長さの総和（総リンク長）を比較し、総リンク長の最も短いものを抽出する。ケーブル1のルートは、リンク1-5-10-11-16-25-29, 1-5-14-19-20-25-29, …, 4-9-10-11-16-25-29, 4-13-17-18-19-24-28-29の総リンク長が51であり、リンク4-13-21-26-22-18-19-20-25-29の総リンク長61などと比較して短いため、総リンク長51のルートの内から代表ルートが選ばれることになる。更に、総リンク長が等しい場合、そのルートが曲がった回数が最も少ないルートが代表ルートとして選ばれる。本実施の形態ではリンク4-9-10-11-16-25-29が最短の代表ルートとして抽出される。

【0017】次に、このようにして抽出された1本の最短の代表ルート（リンク4-9-10-11-16-25-29）が通る各

リンクを一つずつ、逐次通せなくした場合の、他のルートを可能な限り抽出する。例えば、最短ルート（リンク4-9-10-11-16-25-29）のリンク4を切断する（不通にする）と、リンク1から始まる迂回ルートが多数得られる（図1参照）。同様にリンク9を切断すると該リンク9を迂回する迂回ルートが多数得られる。このように、最短ルート（リンク4-9-10-11-16-25-29）が通るケーブルトレイを逐次一つ切断することにより、ルート番号1に示す1本のケーブル配線に対し多数の迂回ルートが作成される。こうして得られた多数の迂回ルートと前記最短ルートから成るルート候補に対して識別用の連続番号を付与する。

【0018】この連続番号は、例えばアルファベットの文字A, B, C, …として割り当てられる。図5には、このようにして求めたケーブル1に対するルート候補が示され、各ルート候補A, B, C…にはそれぞれ、通過トレイを示すデータと、総リンク長に相当するルートの長さのデータと、ルートの曲がり回数を示すデータが関連付けられている。

【0019】同様にして図4に示した全てのケーブル番号（1～9）に対してルート候補を作成し、識別用の連続番号（アルファベット）を付与する。そして、これらルート候補のデータは、図1に示した記憶装置18に記憶される。次に、各ケーブル（1～9）のルート候補の中から、ルートとして不適切なものを排除する。例えば、最短ルートの長さの120%を超えた長さのルート候補を無効ルートとして排除することにする。例えば、図4に示したケーブル6の最短ルートは、リンク7-16-25-29で長さ25であるが、次に短いルートは、リンク2-6-15-24-28-29で長さ34、即ち、最短ルートの長さの136%となる。従って、最短ルート以外のルートは無効ルートとして排除する。

【0020】このようにして、無効なルート候補を排除し、最終的に候補となれるルートが最短路ルートのみとなるケーブル番号を見つけ出す。本実施の形態では、ケーブル番号6から9までの各ケーブルルートがこのような最短路ルートのみとなる。即ち、ケーブル番号6は、リンク7-16-25-29が最短路ルートであり、ケーブル番号7はリンク17-18-19-20、ケーブル番号8はリンク4-13-21、ケーブル番号9はリンク26-27がそれぞれ最短路ルートとなる。そして、ケーブル番号6～9のいずれも最短路ルート以外のルートを選択するとルート長が最短路ルートの120%を超えてしまう。従って、ケーブル番号6～9については、上記最短路ルートを採用することにする。

【0021】上記操作によって、ケーブル番号6～9については、敷設するルートが確定したことになるので、これらのルートの通るトレイの許容占積からケーブルの太さを減算し、以後、ケーブル番号6～9の存在を演算の対象から省略する。例えば、ケーブル番号6のケーブ

ル径は5であり、経由するリンクは7-16-25-29であるから、ケーブルトレイ7の新しい許容占積は、本来の許容占積10からケーブルの太さ5を減算した「5」となる。同様に、ケーブルトレイ16、25、29の許容占積は、それぞれ、5、5、15となる。

【0022】この操作をケーブル番号7、8、9に対して同様に行い、各ケーブル番号のケーブルルートが通るケーブルトレイについて新たな許容占積を求める。図6には、ケーブル6～9について上述した最短路ルートを採用した場合の、新しい許容占積の一覧が示されている。図6に示したように新しい許容占積を持つケーブルトレイ網（ネットワーク）データを作成した後、ケーブル6～9についてのルートは、探索の対象から除外する。そして、図6に示した新しい許容占積を持つケーブルトレイ網の下で、ケーブル1～5についてルート探索を行う。

【0023】次に、各ケーブル1～5毎に作成したルート候補に付けた連続番号A, B, C, …から、各ケーブルのルートの組み合わせを示す文字列（記号列）を作成する。以下、文字列の作成過程について説明する。図7に示すように2次元のテーブルを作成し、敷設するケーブル番号（1, 2, 3, …）を左から順に横方向に並べる。そして、各ケーブル番号1, 2, 3, …に対応する位置にルート候補を無作為に選択して当てはめる。即ち、各ケーブル番号の下に無作為に選択したルート候補番号を対応付ける。例えば、ルート番号1の行でルート候補Cが選択されている。なお、選択されたルート（ルート候補C）は、図3～図6に示したケーブルデータ及びルートデータと関連づけられており、ケーブルルートが通るリンク番号、リンク長、曲がり回数が参照できるようになっている。

【0024】同様の操作を他のケーブル（2～5）について繰り返すことによって、ケーブル1～5までの各ルート候補番号がそれぞれ1つずつ並んだ5つのアルファベット文字からなる文字列C-A-D-A-Eが作成される。このようなケーブルルートの組み合わせを示す文字列を各ルート番号とルート候補番号の対応付けを換えて複数作成し、後述する手法に基づいて最適な文字列を見つけ出すことにより、最適なケーブル配置を得る。

【0025】次に、文字列を最適化する手法について説明する。文字列を最適化する手法として、遺伝的アルゴリズム（GA）が利用される。遺伝的アルゴリズムとは、与えられた問題を文字列に置き換え、その文字列を生物の染色体とみなし、多数の染色体から評価の高いものを選び出し（選択、淘汰）、選ばれた染色体を分断しつなぎ合わせ（交叉）、或いは染色体の一部分を他の遺伝子と取り替える（突然変異）という操作を行いながら全く新しい染色体を作成し、更にそれらを評価して、選択するという操作を繰り返し行うことにより、帰納的に最適な染色体を見つけ出すという手法である。

【0026】本実施の形態では、ケーブルルートに対応付けられたルート候補番号組み合わせから成る文字列が作成されているので、この遺伝的アルゴリズムの手法が適用でき、最適なケーブルルートの組み合わせが帰納的に導かれる。即ち、ケーブル番号を遺伝子座とし、ルート候補番号を遺伝子とすることにより、各ケーブルのルートの組み合わせを表す染色体（文字列）が形成される。ケーブル番号毎に作成されたルート候補番号（A, B, C…）は対立遺伝子に相当し、これら対立遺伝子のうちの一つが対応する遺伝子座に置かれる。

【0027】次に、遺伝的アルゴリズムにおいて染色体を評価するための目的関数を作成する。評価の項目としては、ケーブルの材料コストと、プラント施工上の作業コストとを考慮する。具体的には、ケーブルルートが短いほうが材料コストが少ないので、文字列のもつリンク長の和、即ち、各配線長の全体の配線分の総和（以下、ケーブル延線長という）を図3～図6に示したケーブルデータ及びルートデータに基づいて求める。

【0028】次に、作業のコストに関して、配線の曲げ作業の負担や配線ドラムの移動負担の考慮してルートの曲がり回数が少ないほうが望ましいため、文字列の曲がり回数の和（以下、総ケーブル曲がり回数という）を図3～図6に示したケーブルデータ及びルートデータに基づいて求める。更に、ケーブルがトレイから溢れることなく収納されることが条件となり、また、一つのケーブルトレイに配線を集中させることが好ましいため、ケーブルルート上のケーブルトレイについてトレイの許容占積から該ケーブルトレイを通るケーブルの太さを減じた値を考慮する。即ち、ルート候補の組み合わせを示す文字列より、図5に示した通過トレイ情報を読み取り、各ケーブルが通るケーブルトレイの許容占積（図6）から、ケーブルの太さ（図4）を減算する。この値をトレイ余裕値とよぶことにする。

【0029】この値がマイナスの値になれば、ケーブルがトレイの許容占積を越えて配置されたこと、即ちケーブルトレイからケーブルが溢れたことを意味する。本実施の形態では、トレイ余裕値がマイナスの値になった場合に、その絶対値に大きな値（例えば10）を乗算したトレイ溢れ値を求め、該トレイ溢れ値によって特定のケーブルトレイにケーブルが過度に集中し、非常に偏ったケーブル配置がなされたという判断を行う。また、ケーブルが全く通過しないケーブルトレイに関しては、無駄なケーブルトレイであると評価して該ケーブルトレイのトレイ余裕値を0とする。

【0030】ケーブルトレイネットワークを構成する全ケーブルトレイについてトレイ余裕値（マイナスの場合にはトレイ溢れ値）を乗算し、その乗算値を許容占積誤差として、当該プラント全体のケーブルトレイ網におけるケーブル配置状態を示す指標とした。ただし、トレイ余裕値が0のものは、乗算の対象から除外するものとす

る。

【0031】こうして求めた許容占積誤差が小さければ、ケーブルトレイネットワークを構成するケーブルトレイにケーブルが溢れることなく配置され、しかも使用されるケーブルトレイには配線が集中していることを意味し、該値が大きければケーブルがケーブルトレイから溢れ、特定のケーブルトレイにケーブルが過度に集中した偏ったケーブル配置がなされたことを示す。

【0032】図8～図10には、許容占積誤差の計算例の一部が示されている。まず、ケーブルトレイ10とケーブルトレイ19に着目すると、この2つのトレイを通るケーブルルートは、ケーブル1, 2, 3, 4, 7の計5本である。この中でケーブル7は既に説明したようにケーブルトレイ19を通過することが確定されており、ケーブルトレイ19の許容占積も図6で示したようにケーブル7の太さは既に減じられているので、計算の対象から除外する。

【0033】図8に示すように、ある染色体において、ケーブルトレイ10を通るケーブルがケーブル番号1, 2, 3であり、ケーブルトレイ19を通るケーブルがケーブル番号4であった場合には、ケーブルトレイ10のトレイ余裕値は $40 - (5 + 10 + 20) = 5$ であり、ケーブルトレイ19のトレイ余裕値は $10 - 5 = 5$ である。従って、この2つのケーブルトレイに関する両者の積（＝許容占積誤差）は25となる。

【0034】また、別のケースとして、図9に示すように、ある染色体において、ケーブルトレイ10を通るケーブルがケーブル番号1, 2であり、ケーブルトレイ19を通るケーブルがケーブル番号3, 4であった場合には、ケーブルトレイ10のトレイ余裕値は $40 - (5 + 10) = 25$ であり、ケーブルトレイ19のトレイ余裕値は $10 - (20 + 5) = -15$ と計算される。このとき、ケーブルトレイ19については、マイナスの値となるので、上述の規則に従い、ケーブルトレイ19のトレイ余裕値は $|-15| \times 10 = 150$ となる。従って、両者の積（＝許容占積誤差）は3750となる。

【0035】更に、別のケースとして、図10に示すように、ある染色体において、ケーブルトレイ10を通るケーブルがケーブル番号1, 3, 4であり、ケーブルトレイ19を通るケーブルがケーブル番号2であった場合には、ケーブルトレイ10のトレイ余裕値は $40 - (5 + 20 + 5) = 10$ であり、ケーブルトレイ19のトレイ余裕値は $10 - 10 = 0$ である。トレイ余裕値がゼロの場合は、上述の規則によって乗算の対象から除外するので、許容占積誤差は10となる。

【0036】したがって、図8～図10に示した3つのケースでは、図10に示したルート配置が最も良い状態であることを示している。図8～図10では、ケーブルトレイ10とケーブルトレイ19に限って説明したが、ルート上の全てのケーブルトレイを対象として許容占積誤差

を求める。こうして求めた総ケーブル延線長、総ケーブル曲がり回数、許容占積誤差を加算して遺伝的アルゴリズム (GA) の評価方法とした。即ち、これらの加算値が小さいものほど良好な染色体 (文字列) として評価する。そして、良い文字列を複数抽出して (選択、淘汰)、その文字列を途中で分断して他の文字列と入れ替えたり (交叉)、文字列中の文字 (遺伝子) を他の文字に書き換えたりしながら (突然変異)、新しい文字列を作成し、その新しい文字列を再評価することを繰り返しながら、さらにより文字列を作成していくことによって、帰納的に評価値が最小の文字列を見つける。

【0037】なお、遺伝的アルゴリズムの処理に用いられるGAオペレータに関しては、一般的な Selection (選択、淘汰)、Crossover (交叉)、Mutation (突然変異) を利用した。即ち、Selection (選択、淘汰) 処理では、世代の最小値が1つ保存され、残りはルーレットルールが採用される。Crossover (交叉) 処理では、遺伝子数が固定であり、遺伝子座による差別は生じないため、通常の一点交叉が行われる。また、Mutation (突然変異) 処理では、その世代で選択されている遺伝子以外の遺伝子を確率的に発生させるようにしている。

【0038】かかる方法を用いて遺伝的アルゴリズムを動作させた結果、評価値の最小の一つの文字列を求めることができ、その文字列をケーブルルートに置き換えることにより、最適なケーブル配置を行うことができる。これにより、ケーブルトレイ設計者とケーブルルート設計者が異なる場合や、定期点検工事等での機器の配置変更を行う場合のように、ケーブルトレイがケーブルルートより先に設計 (又は設置) されている場合に、最適かつ理論的なケーブル配置を短時間で自動的に設計することができる。

【0039】上記実施の形態では、文字列の評価を総ケーブル延線長、総ケーブル曲がり回数、許容占積誤差に基づいて行ったが、これらに加え、例えばケーブルの長さ、太さを乗算した材料コスト値など他の評価値を考慮してもよい。上記実施の形態では、ケーブルルートの候補を作成する場合、全ての場合について試行したが、制約条件を基に作成することにより、その候補数を減じてもよい。この場合、計算速度の向上が見られるが、その候補の中に最適ルートとなりうるルートが含まれるか否かの検証が困難となるというデメリットもある。

【0040】上記実施の形態では、図1に示したように、2次元平面上に配置されたケーブルトレイのネットワークを利用して、ケーブルを配置する場合を例に説明したが、これに限らず、3次元空間に形成されるケーブルトレイのネットワークについても適用することができる。上記実施の形態では、ケーブル収納部材としてケーブルトレイを例に説明したが、これに限らず、電線管、ケーブルダクトについても同様に適用が可能である。また、ケーブルの配線に限らず、配管の経路設計にも応用

することができる。

【0041】上記実施の形態では、既設のケーブルトレイネットワークに基づいてネットワーク図を作成したが、与えられた空間内部を格子上に自動分割し、機器等障害物間の開いている空間を許容占積としてもよい。この場合、ケーブル配置の設計以外に、ケーブルトレイ自体の設計や配管ルートの設計にも利用することができる。

#### 【0042】

10 【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る配線経路設計支援方法及び装置によれば、与えられたケーブル敷設網の構成を示すネットワークデータと、配置すべきケーブルの始点と終点及び各ケーブルの太さを示すケーブルデータとに基づいてルート候補を抽出し、該ルート候補の組み合わせを文字列で表現し、その文字列を総延線長、曲がり回数、収納状況値に着目して評価し、帰納的に文字列を最適化するようにしたので、最適なケーブルルートの組み合わせを短時間で効率的に導き出すことができる。

20 【0043】これにより、特に、プラント建築物の電装系設備の設計において、ケーブル収納部材のネットワークが予め与えられている場合に、最適なケーブル配置を容易に設計することができるという利点がある。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明に係る配線経路設計支援方法が適用された配線経路設計支援装置の一実施の形態の構成を示すブロック図である。

【図2】図2は、ケーブルトレイの配置例を示すケーブルトレイネットワーク図である。

30 【図3】図3は、トレイ長及び各トレイの許容占積を示す図表である。

【図4】図4は、ケーブルの開始点及び終了点、並びにケーブル径を示す図表である。

【図5】図5は、ケーブル1に対して抽出されたルート候補例を示す図表である。

【図6】図6は、配置の確定したケーブルを除いた新たなトレイ許容占積を示す図表である。

【図7】図7は、ケーブルルート候補を文字列化するデータ構造を説明する為に用いた説明図である。

40 【図8】図8は、許容占積誤差の計算例を示す図である。

【図9】図9は、許容占積誤差の計算例を示す図である。

【図10】図10は、許容占積誤差の計算例を示す図である。

#### 【符号の説明】

10…配線経路設計支援装置

12…ネットワークデータ記憶装置

14…ケーブルデータ記憶装置

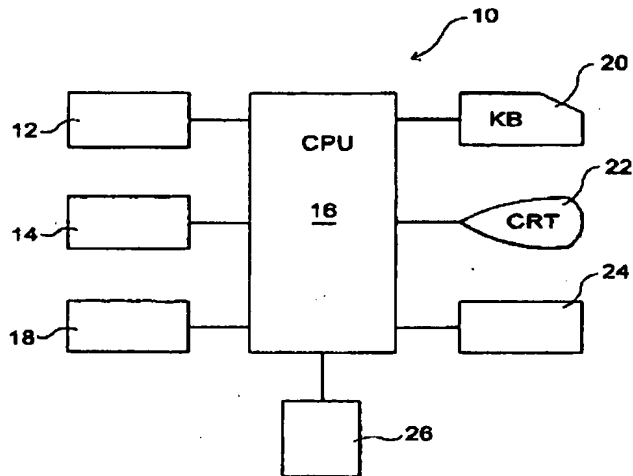
50 16…演算処理装置 (CPU)



18…記憶装置  
20…入力装置  
22…表示装置

32…ケーブルトレイ (ケーブル収納部材に相当)  
34…トレイ接続点

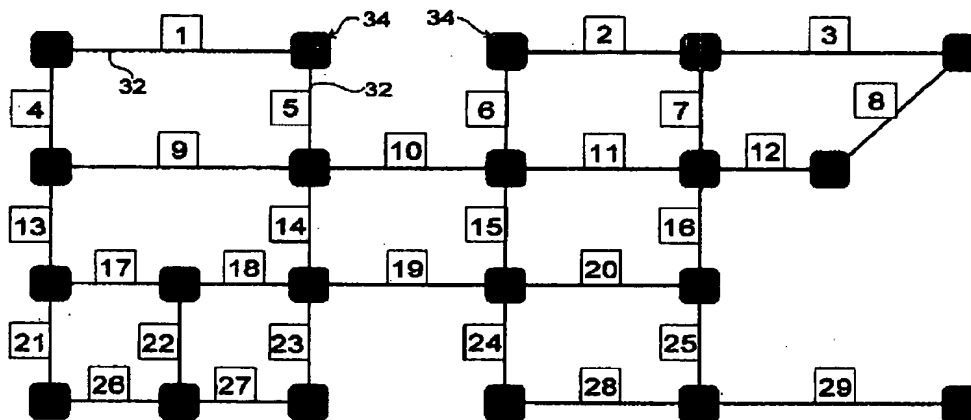
【図1】



【図4】

ノード番号			
ケーブル番号	開始点	終了点	長さ
1	1	21	5
2	6	5	10
3	18	5	20
4	16	21	5
5	19	5	10
6	4	21	5
7	11	15	10
8	1	16	5
9	18	18	15

【図2】



【図3】

HW 番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
HW 長	10	8	10	5	5	5	5	8	10	8	8	4	5	5	5	5	5	8	8	5	5	5	5	5	5	5	5	8	10
許容占拠	5	10	10	5	5	10	10	30	10	40	40	30	5	10	10	10	10	20	20	10	5	5	20	10	10	20	20	20	20

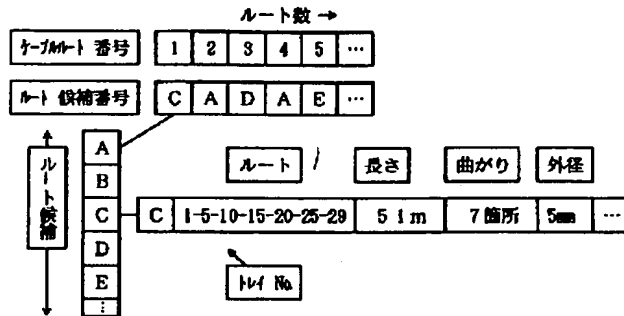
【図6】

HW 番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
許容占拠	5	10	10	5	5	10	5	20	10	40	40	20	5	10	10	5	0	10	10	0	5	5	20	10	5	5	5	20	15

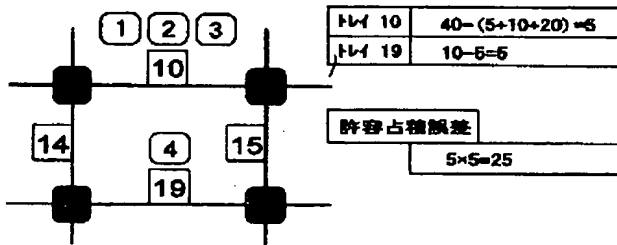
【図5】

連番号	通 過 ト レ イ	ルート長さ	曲り回数
A	1-5-10-11-18-25-29	51	4
B	1-5-14-19-20-25-29	51	4
C	1-5-10-15-20-25-29	51	7
F	4-9-10-11-16-25-29	51	3
J	4-13-21-28-22-18-19-24-28-29	81	5

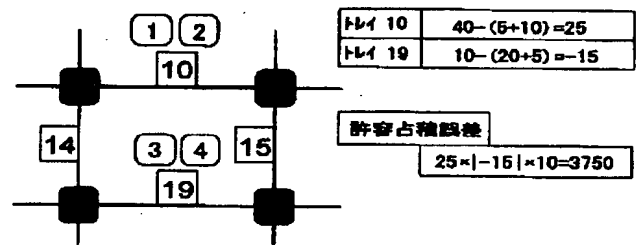
【図7】



【図8】



【図9】



【図10】

